

**HUBUNGAN ANTARA ROBOTISASI DENGAN TENAGA  
KERJA, PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA DAN OUTPUT  
DI INDUSTRI 4.0 PADA SEKTOR MANUFAKTUR JEPANG**



**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh  
gelar Sarjana Ekonomi**

**Oleh :  
Ananda Sarah Alifa  
2017110052**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS EKONOMI  
PROGRAM SARJANA EKONOMI PEMBANGUNAN  
Berdasarkan Keputusan B Terakreditasi AN-PT No. 1759/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018  
BANDUNG  
2022**

**THE RELATIONSHIP BETWEEN ROBOTIZATION, LABOR,  
LABOR PRODUCTIVITY AND OUTPUT IN INDUSTRY 4.0  
IN JAPANESE MANUFACTURING SECTOR**



**UNDERGRADUATE THESIS**

**Submitted to complete part of the requirements for  
Bachelor Degree in Economics**

**By:  
Ananda Sarah Alifa  
2017110052**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ECONOMICS  
PROGRAM IN DEVELOPMENT ECONOMICS  
Accredited by National Accreditation Agency No. 1759/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018  
BANDUNG  
2022**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS EKONOMI  
PROGRAM SARJANA EKONOMI PEMBANGUNAN**



**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**HUBUNGAN ANTARA ROBOTISASI DENGAN TENAGA  
KERJA, PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA DAN OUTPUT  
DI INDUSTRI 4.0 PADA SEKTOR MANUFAKTUR JEPANG**

Oleh:

**Ananda Sarah Alifa**

**2017110052**

**Bandung, Januari 2022**

**Ketua Program Studi Sarjana Ekonomi Pembangunan,**

**Ivantia S. Mokoginta, Ph.D.**

**Pembimbing,**

**Yanuarita Hendrani, Dra., M.A., Ph.D.**

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama : Ananda Sarah Alifa  
Tempat, Tanggal Lahir : Tangerang, 16 Januari 2000  
NPM : 2017110052  
Program Studi : Sarjana Ekonomi Pembangunan  
Jenis Naskah : Skripsi

### JUDUL

HUBUNGAN ANTARA ROBOTISASI DENGAN TENAGA KERJA, PRODUKTIVITAS  
TENAGA KERJA DAN OUTPUT DI INDUSTRI 4.0 PADA SEKTOR MANUFAKTUR  
JEPANG

Pembimbing : Yanuarita Hendrani, Dra., M.A., Ph.D.

### MENYATAKAN

Adalah benar-benar karya tulis saya sendiri:

1. Apapun yang tertuang sebagai bagian atau seluruh isi karya tulis saya tersebut di atas dan merupakan karya orang lain (termasuk tapi tidak terbatas pada buku, makalah, surat kabar, internet, materi perkuliahan, karya tulis mahasiswa lain), telah dengan selayaknya saya kutip, sadur atau tafsir dan jelas telah saya ungkap dan tandai
2. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat (*plagiarism*) merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat merupakan peniadaan pengakuan atas karya ilmiah dan kehilangan hak kesarjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan oleh pihak manapun.

Pasal 25 Ayat (2) UU.No.20 Tahun 2003:  
Lulusan perguruan tinggi yang karya ilmiahnya digunakan untuk memperoleh gelar akademik, profesi, atau vokasi terbukti merupakan jiplakan, dicabut gelarnya.  
Pasal 70: Lulusan yang karya ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan gelar akademik, profesi, atau vokasi sebagai mana dimaksud dalam Pasal 25 Ayat (2) terbukti merupakan jiplakan dipidana dengan pidana penjara paling lama dua tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 200 juta.

Bandung,

Dinyatakan tanggal: 20 Januari 2022

Pembuat pernyataan:



(Ananda Sarah Alifa)

## ABSTRAK

Industri 4.0 merupakan transformasi industri yang memberikan efek besar kepada ekosistem perkembangan teknologi dunia salah satunya dalam hal robotisasi terutama bagi Jepang yang merupakan negara pengadopsi robot terkemuka di dunia. Beberapa hal yang dapat berpengaruh terhadap robot dan sebaliknya adalah tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hubungan kausalitas antara robotisasi dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output di industri 4.0 pada sektor manufaktur Jepang dan dibandingkan dengan skala Nasional Jepang pada tahun 2004 sampai dengan 2019 serta melihat bagaimana Indonesia menghadapi industri 4.0. Dengan menggunakan metode VAR dan *Granger Causality*. Didapatkan adanya *unidirectional causality* antara robotisasi terhadap tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output di sektor manufaktur dan terdapat *unidirectional causality* antara robotisasi terhadap tenaga kerja dan output Nasional Jepang.

**Kata Kunci:** Industri 4.0, Manufaktur Jepang, Nasional Jepang, Robotisasi, Tenaga Kerja, Produktivitas Tenaga Kerja, Output

## ABSTRACT

Industry 4.0 is an industrial transformation that has a major effect on the ecosystem of the world's technological development, one of which is in terms of robotization especially Japan as the world's leading robot adopter. Several things can affect robots and vice versa, such as labor, labor productivity, and output. This study aims to determine the causal relationship between robotization, labor, labor productivity, and output in industry 4.0 in the Japanese manufacturing sector, compared to the Japanese national scale in 2004 to 2019, and see how Indonesia faces industry 4.0. Using VAR and Granger Causality methods. The result show that there a unidirectional causality from robotisation to labor, labor productivity, and output in Japanese manufacturing sector. Furthermore, there is a unidirectional causality from robotisation to labor and the Japanese National output.

**Keywords:** Industry 4.0, Japanese Manufacturing, National Japan, Robotization, Labor, Labor Productivity, Output

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat, berkah dan karunianya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini yang berjudul Hubungan antara Robotisasi dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output di Industri 4.0 pada Sektor Manufaktur Jepang. Tidak lupa kepada Rasulullah Baginda besar Nabi Muhammad SA yang telah memberikan safaat, nilai dan pedoman bagi kehidupan manusia hingga saat ini. Skripsi ini dibuat dan disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Ekonomi pada Program Studi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi Universitas Katolik Parahyangan Bandung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna sehingga saran dan kritik sangat diharapkan untuk memperbaiki penelitian ini dikemudian hari.

Tidak hanya dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis juga mendapatkan bimbingan, dukungan, bantuan, doa dan motivasi dari berbagai pihak selama menjalankan studi di Ekonomi Pembangunan UNPAR. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Dadan Kusnendar dan Ibu Wuwun Wilasetiawati yang tiada hentinya hingga penulis dapat melewati setiap hal yang ada hingga mencapai titik ini. Terimakasih sudah selalu ada.
2. Seluruh keluarga besar dan adik tersayang yang telah memberikan doa, perhatian, kepercayaan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Yanuarita Hendrani Dra., Ma., Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis. Terimakasih banyak atas bimbingank, ilmu, perhatian, kesabaran, waktu dan kepercayaan kepada penulis selama masa perkuliahan terutama selama penyusunan skripsi ini. Terimakasih banyak Ibu semoga sehat selalu.
4. Ibu Noknik Karliya H, Dra. selaku dosen wali penulis. Terimakasih banyak atas bimbingan, ilmu, perhatian arahan dan pembelajaran yang diberikan selama masa perkuliahan.
5. Ibu Ivantia S. Mokoginta, Ph.D. selaku ketua Program Studi Ekonomi Pembangunan. Terimakasih atas arahan, bimbingan dan pembelajaran selama masa perkuliahan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Dosen-dosen Ekonomi Pembangunan UNPAR : Bapak Charvin Lim., SE., M.Sc, Ibu Dr. Miryam L. Wijaya, Ibu Hilda Leilani Masniaritta Pohan, Ph.D., Ibu Siwi

Nugraheni, Dra., M.Env, Bapak Dr. Fransiscus Haryanto, S.E., M.M, Bpk Dian Fordian, S.E., M.Si, Bpk Ishak Somantri, Drs., MSP., Bpk. Prof. Dr. Martinus Yuwana Marjuka, M.Si., Bpk Aswin Masudi, S.E., M.S.E., dan Bpk Yusuf Munawar, S.E., M.E. Terimakasih atas segala ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan kepada penulis.

7. Naufal Al Iman Yudhapringga yang telah memberikan semangat, dukungan kepercayaan dan bantuan selama proses penulisan skripsi. Terimakasih telah sabar dan selalu mendampingi penulis baik dalam masa-masa senang maupun susah.
8. Sahabat sekaligus teman seperjuangan Shinta Maulidia, Elvara Vanya, Novia Ganarsi, Farisha Fauziah, Syahlanissa Afkhadia, Kathya Akhafia, Ananda Hanifa, Andi Ghhoffaar, Rafi Aristyo, Guntur Morales, Rafi Aristyo, Wahyu Jatisu, Faza Azry, Ngakan Putu, Akmal Aqiel. Terima kasih telah berbagi canda-tawa, beban, keluh kesah, kebahagiaan, dan ilmu selama masa perkuliah hingga proses penulisan skripsi. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini.
9. Teman-teman angkatan 2017 thomi, dara, putri, alya, dan teman-teman Angkatan 2017 lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu serta keluarga Besar Ekonomi Pembangunan UNPAR yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terimakasih telah berbagi kebersamaan dan pengalaman baik, susah, senang maupun sedih selama masa perkuliahan.

Bandung, 2022



Ananda Sarah Alifa



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Kerangka Pemikiran .....	3
BAB 2 .....	8
TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Berbagai Konsep .....	8
2.1.1 Industri 4.0 .....	8
2.1.2 Robotisasi .....	10
2.1.3 Tenaga Kerja .....	10
2.1.4 Produktivitas Tenaga Kerja .....	11
2.2 Kaitan Industri 4.0 dengan Manufaktur .....	12
2.3 Landasan Teori .....	13
2.3.1 Teori Solow-Swan .....	13
2.3.2 Teori Produksi .....	14
2.4 Penelitian Terdahulu .....	14
BAB 3 .....	17
METODE DAN OBJEK PENELITIAN .....	17
3.1 Metode Penelitian .....	17
3.1.1 Data dan Sumber Data .....	17
3.1.2 <i>Vector Autoregression</i> (VAR) .....	18
3.1.3 <i>Granger Causality Test</i> .....	21
3.2 Objek Penelitian .....	24
3.2.1 Robotisasi .....	24
3.2.2 Tenaga Kerja Manufaktur dan Nasional .....	25
3.2.3 Produktivitas Tenaga Kerja Manufaktur dan Nasional .....	27
3.2.4 <i>Output</i> .....	28
BAB 4 .....	31
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	31
4.1 Hasil Pengolahan Data .....	33

4.1.1	Hubungan antara Robotisasi dengan Tenaga Kerja Manufaktur Jepang .....	33
4.1.2	Hungan antara Robotisasi dengan Produktivitas Tenaga Kerja Manufaktur Jepang .....	35
4.1.3	Hubungan antara Robotisasi dengan <i>Output</i> Manufaktur Jepang.....	38
4.1.4	Hubungan antara Robotisasi dengan Tenaga Kerja Nasional Jepang .....	40
4.1.5	Hubungan antara Robotisasi dengan Produktivitas Tenaga Kerja Nasional Jepang .....	43
4.1.6	Hubungan antara Robotisasi dengan <i>Output</i> Nasional Jepang .....	45
4.2	Pembahasan.....	47
BAB 5	.....	53
KESIMPULAN	.....	53
DAFTAR PUSTAKA	.....	55
Lampiran 1	: Unit Root Test Robotisasi – Tenaga Kerja sektor Manufaktur Jepang ...	A-1
Lampiran 2	: Lag Criteria : Robotisasi – Tenaga Kerja sektor Manufaktur Jepang ....	A-1
Lampiran 3	: VAR Hasil Model 1 : Robotisasi – Tenaga kerja sektor Manufaktur Jepang .....	A-1
Lampiran 4	: Granger Causality Robotisasi – Tenaga Kerja sektor Manufaktur Jepang....	A-2
Lampiran 5	: Unit Root test Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja.....	A-2
Lampiran 6	: Lag Criteria : Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja sektor Manufaktur Jepang.....	A-3
Lampiran 7	: VAR Hasil Model 2: Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja sektor Manufaktur Jepang.....	A-3
Lampiran 8	: Granger Causality : Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja sektor Manufaktur Jepang.....	A-4
Lampiran 9	: Unit Root Test Robotisasi – Output sektor Manufaktur Jepang.....	A-4
Lampiran 10	: Lag Criteria : Robotisasi – Output sektor Manufaktur Jepang.....	A-4
Lampiran 11	: VAR Hasil Model 3: Robotisasi – Output sektor Manufaktur Jepang ..	A-5
Lampiran 12	: Granger Causality : Robotisasi – Output sektor Manufaktur Jepang ....	A-5
Lampiran 13	: Unit Root Test Robotisasi – Tenaga Kerja Nasional Jepang .....	A-6
Lampiran 14	:Lag Criteria : Robotisasi – Tenaga Kerja Nasional Jepang.....	A-6
Lampiran 15	: VAR Hasil Model 4: Robotisasi – Tenaga Kerja Nasional Jepang.....	A-6
Lampiran 16	: Granger Causality : Robotisasi – Tenaga Kerja Nasional Jepang.....	A-7
Lampiran 17	: Unit Root Test : Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja Nasional Jepang.....	A-8
Lampiran 18	: Lag Criteria : Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja Nasional Jepang .....	A-8
Lampiran 19	: VAR Hasil Model 5: Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja Nasional Jepang.....	A-9
Lampiran 20	: Granger Causality : Robotisasi – Produktivitas Tenaga Kerja Nasional Jepang.....	A-9

Lampiran 21 : Unit Root Test : Robotisasi – Output Nasional Jepang.....	A-9
Lampiran 22 : Lag Criteria : Robotisasi – Output Nasional Jepang .....	A-10
Lampiran 23 : VAR Hasil model 6: Robotisasi – Output Nasional Jepang.....	A-10
Lampiran 24 : Granger Causality : Robotisasi – Output Nasional Jepang .....	A-11
Riwayat Hidup Penulis.....	B-1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Kerangka Pemikiran.....	3
Gambar 2.	Grafik Data Robotisasi di Jepang (,000 of Unit) Tahun 2004-2019.....	24
Gambar 3.	Grafik Data Tenaga Kerja di Sektor Manufaktur Jepang (Ribu) pada Tahun 2004-2019.....	25
Gambar 4.	Grafik Data Tenaga Kerja Keseluruhan Jepang (PPP) pada Tahun 2004-2019.....	25
Gambar 5.	Grafik Data Produktivitas Tenaga Kerja di Sektor Manufaktur Jepang (Billions Of US\$/Value) pada Tahun 2004-2019.....	27
Gambar 6.	Grafik Data Produktivitas Tenaga Kerja Keseluruhan Jepang (PPP \$) pada Tahun 2004-2019.....	27
Gambar 7.	Grafik Data Output di Sektor Manufaktur Jepang (Billions Of US\$) pada Tahun 2004-2019.....	28
Gambar 8.	Grafik Data Output Keseluruhan Jepang (PPP\$) pada Tahun 2004-2019.....	29
Gambar 9.	Hubungan Robotisasi dengan Tenaga Kerja, Produktivitas Tenaga Kerja dan Output Manufaktur Jepang.....	47
Gambar 10.	Hubungan Robotisasi dengan Tenaga Kerja, Produktivitas Tenaga Kerja dan Output Nasional Jepang.....	48
Gambar 11.	Jumlah Patent Application di Indonesia Tahun 2004-2019.....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu.....	15
Tabel 2. Sumber Data .....	17
Tabel 3. <i>Unit Root Test</i> .....	33
Tabel 4. <i>Lag Length Criteria</i> .....	34
Tabel 5. <i>Vector Autoregression</i> Hasil Model 1 .....	34
Tabel 6. <i>Granger Causality Test</i> .....	35
Tabel 7. <i>Unit Root Test</i> .....	35
Tabel 8. <i>Lag length Criteria</i> .....	36
Tabel 9. <i>Vector Autoregression</i> Hasil Model 3 .....	36
Tabel 10. <i>Granger Causality Test</i> .....	37
Tabel 11. <i>Unit Root Test</i> .....	38
Tabel 12. <i>Lag length Criteria</i> .....	38
Tabel 13. <i>Vector Autoregression</i> Hasil Model 5 .....	39
Tabel 14. <i>Granger Causality Test</i> .....	40
Tabel 15. <i>Unit Root Test</i> .....	40
Tabel 16. <i>Lag length Criteria</i> .....	41
Tabel 17. <i>Vector Autoregression</i> Hasil Model 2 .....	41
Tabel 18. <i>Granger Causality Test</i> .....	42
Tabel 19. <i>Unit Root Test</i> .....	43
Tabel 20. <i>Lag length Criteria</i> .....	43
Tabel 21. <i>Vector Autoregression</i> Hasil Model 4 .....	43
Tabel 22. <i>Granger Causality Test</i> .....	44
Tabel 23. <i>Unit Root Test</i> .....	45
Tabel 24. <i>Lag Length Criteria</i> .....	45
Tabel 25. <i>Vector Autoregression</i> Hasil Model 6 .....	46
Tabel 26. <i>Granger Causality Test</i> .....	47

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Istilah Industri 4.0 merujuk pada revolusi industri keempat yang pada awalnya dicetuskan pertama kali oleh sekelompok perwakilan ahli berbagai bidang asal Jerman, pada tahun 2011 di acara *Hannover Trade Fair*. Namun pengembangan seperti internet, dan *cloud computing* sudah berkembang dari tahun 2008. Dapat dikatakan sebagai revolusi, karena perubahan yang terjadi memberikan efek besar kepada ekosistem dunia dan tata cara kehidupan. Perubahan tersebut merupakan hal vital yang dibutuhkan oleh para pelaku industri demi efisiensi waktu, tenaga kerja, dan biaya. Perkembangan revolusi industri 3.0 ke revolusi industri 4.0 sangat signifikan. Hal baru yang sebelumnya tidak pernah ada di era Revolusi Industri 3.0 mulai ditemukan seperti diantaranya *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, *Artificial Intelligence (AI)*, dan robot baru ditemukan pada industri 4.0.

Meskipun pada penerapannya industri 4.0 dilakukan pertama kali oleh Negara Jerman, namun sudah ada beberapa negara yang menyusul tingkat otomatisasi selain Jerman salah satunya Jepang. Jepang di sebut sebagai ayah dari otomatisasi dan robotisasi karena Jepang merupakan salah satu negara terkemuka dalam bidang teknologi, terutama barang-barang elektronik dan mesin. Menurut *International Federation Robots* Jepang memimpin dunia dalam produksi robot dan penggunaannya. Bahkan untuk penggunaannya sendiri Jepang sudah menggunakan robot sejak sebelum masuk pada revolusi industri 4.0 lebih tepatnya yaitu pada tahun 1929 dengan robot yang diberi nama Gokutensoku, namun robot ini bukan untuk kegiatan manufaktur melainkan hanya untuk pameran, karena melihat dari fungsinya yang hanya sebagai unsur karya atau nilai estetika.

Selain itu, Jepang juga merupakan negara sebagai pengadopsi robot terkemuka, sebesar 297.200 robot industri bekerja di industri Jepang pada tahun 2017. Produksi robot tahun 2019 di pasar sebesar 700 miliar yen & nilainya meningkat menjadi 2,9 triliun yen pada tahun 2020 diperkirakan menjadi 9,7 triliun yen pada tahun 2035. Menurut Shunichi Uchiyama, kepala Menteri Perdagangan dari kebijakan perindustrian, robot merupakan fondasi bagi persaingan internasional Jepang dan diharapkan teknologi robot dapat terus maju untuk memasuki lebih banyak sektor. Kyoji Takenaka, kepala dari perindustrian luas Majelis Promosi Robot Bisnis (*Robot Business Promotion Council*) mengatakan, bahwa yang dibutuhkan saat ini bukanlah humanoid robot yang paling

mewah, para pembuat robot harus ingat bahwa kunci untuk mengembangkan robot bukanlah di dalam laboratorium, melainkan kehidupan sehari-hari.

Awal mulanya Jepang memfokuskan pada industri 4.0 yang bergerak pada sektor manufaktur, yaitu segala proses yang mengubah barang pokok secara mekanis, atau manual menjadi barang jadi / setengah jadi atau barang yang memiliki nilai rendah ke tinggi. Fokus dari setiap revolusi industri adalah meningkatkan produktivitas sistem produksi. Dengan berkembangnya teknologi tentunya hal ini juga dapat meningkatkan output yang dihasilkan oleh industri, karena dirasa jika adanya robot sebagai bentuk perkembangan teknologi, dapat memaksimalkan produksi dengan efektif dan efisien. Namun dengan menerapkan otomatisasi sekaligus robotisasi dalam manufaktur, terdapat pro dan kontra mengenai hal tersebut. Pada penelitian Rojko, Erman & Jelovac (2019) didapatkan hasil bahwa adanya robotisasi akan memengaruhi lapangan pekerjaan di sektor manufaktur, yaitu ketika adanya penambahan robot maka terdapat juga penambahan lapangan pekerjaan namun harus diikuti dengan skill yang memadai yang nantinya akan memengaruhi tingkat produktivitas pekerja. Namun selain lapangan pekerjaan terancam oleh semakin banyak robot yang mengambil alih, jenis pekerjaan dengan bayaran paling rendah sekalipun dapat tergantikan oleh robot (Johannessen, 2018). Di Jepang sendiri Selain keunggulannya dalam bidang teknologi, Jepang pun memiliki kelemahan pada sumber dayanya yang terbatas salah satunya pada jumlah tenaga kerja. Penurunan Angkatan kerja yang cepat bukanlah suatu hal baru di negara Jepang. Hal ini disebabkan oleh populasi Jepang yang semakin menua dan kelompok pekerja muda yang semakin menyusut. Dengan adanya keterbatasan tersebut membuat Jepang menciptakan insentif yang kuat untuk otomatisasi menggunakan robot. Menurut *The Information Technology and Innovation Foundation* (ITIF (2019) dengan adanya robot juga dapat mengisi kesenjangan tenaga kerja, menghasilkan output yang lebih tinggi dan pendapatan yang lebih besar.

Di Jepang sendiri ada beberapa survey yang membahas masalah ini, salah satunya yaitu Survei Deloitte yang mengungkapkan bahwa hanya 2% dari manajer perusahaan yang membahas pengembangan sumber daya manusia, dan hanya 3% yang mengakui bahwa mereka akan mampu mengelola dampak yang didorong oleh teknologi pada struktur organisasi dan karyawan (Deloitte, 2014). Bahkan menurut pemerintah Jepang, sebagai basis manufaktur, perusahaan Jepang memiliki misi untuk mempercepat operasi di luar negeri dengan memaksimalkan robot. Oleh sebab itu, dengan banyaknya asumsi atau temuan mengenai hubungan antara robotisasi dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output yang berbeda beda maka penelitian ini menguji bagaimana arah hubungan antara robotisasi dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja serta output guna menghadapi adanya revolusi 4.0.

## 1.2 Rumusan Masalah

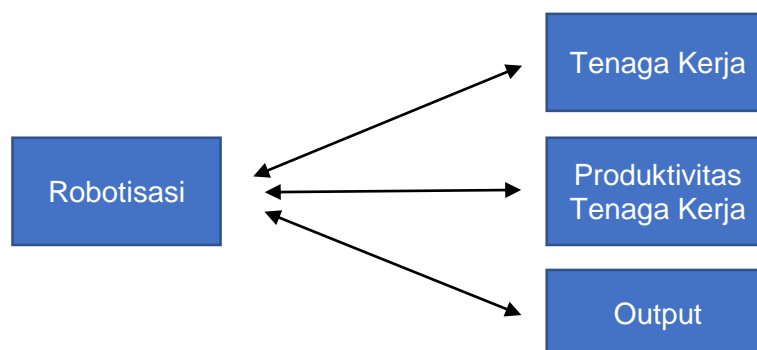
Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, adanya industri 4.0 menciptakan teknologi terbaru salah satunya merupakan robot industri, Hal ini diperkirakan memiliki pengaruh atau arah hubungan antara *robotisasi* yang menunjukkan berapa banyak robot yang digunakan dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output di sektor manufaktur. Penelitian ini ingin melihat bagaimana arah hubungan antara robotisasi dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output di industri 4.0 pada sektor manufaktur Jepang. Meluasnya penggunaan robot yang tidak hanya pada skala manufaktur, maka penelitian ini akan membandingkan dengan skala Nasional Jepang. Penelitian ini Penting dilakukan guna menghadapi era otomatisasi yang ada pada industri 4.0 yang juga akan dihadapi Indonesia.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan tujuan masalah yang telah di paparkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana arah hubungan antara robotisasi (penggunaan robot) dengan tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dan output di industri 4.0 pada sektor manufaktur Jepang dan dibandingkan dengan skala Nasional Jepang mengingat penggunaan robot telah meluas ke berbagai sektor perekonomian, penelitian ini juga akan melihat dampaknya pada skala Nasional Jepang yang dianalisis dari tahun 2004 sampai dengan 2019. Dan pelajaran apa yang bisa didapatkan Indonesia dalam menghadapi industri 4.0.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

Gambar 1. Kerangka Pemikiran



Sektor industri manufaktur menggunakan berbagai input dalam proses produksi untuk menghasilkan output. Biasanya input yang digunakan dalam industri manufaktur yaitu tenaga kerja dan kapital atau mesin namun di era industri 4.0, kini sektor manufaktur tidak hanya memaksimalkan penggunaan tenaga kerja yang ada, melainkan juga menggunakan hasil teknologi dari adanya industri 4.0 yaitu robot di industri



manufaktur. Pada penelitian ini teknologi hasil industri 4.0 diwakilkan oleh variable robotisasi. Kemajuan teknologi berupa robot ini dalam teori Sollow Swan merupakan faktor A yaitu kemajuan teknologi, dimana dengan adanya kemajuan teknologi berupa robot, akan memengaruhi hasil produksi suatu industri. Namun penggunaan robot di sektor manufaktur dapat memengaruhi tenaga kerja, produktivitas maupun outputnya, baik dalam jumlah atau persentase.

Robotisasi mencerminkan seberapa besar suatu industri menggunakan robot untuk menghasilkan output. Arah hubungan antara robotisasi dengan tenaga kerja dapat terjadi melalui dua kemungkinan yaitu positif dan negatif. Pada kemungkinan positif robotisasi dapat meningkatkan jumlah tenaga kerja di industri manufaktur. Survei *Future of Jobs 2018* (Forum, 2018) menunjukkan bahwa teknologi baru menciptakan lebih banyak lapangan kerja dan industri baru. Robot melengkapi dan menambah tenaga kerja: Masa depan adalah robot dan manusia yang bekerja bersama. Robot menggantikan aktivitas tenaga kerja tetapi tidak menggantikan pekerjaan. Kurang dari 10% pekerjaan sepenuhnya dapat diotomatisasi. Semakin banyak robot digunakan untuk melengkapi dan menambah aktivitas tenaga kerja; dampak bersih pada pekerjaan dan kualitas pekerjaan adalah positif (IFR, 2017).

Otomatisasi oleh robot dapat memberikan kesempatan bagi manusia agar fokus pada tugas yang memiliki keterampilan dan kualitas yang lebih tinggi. Oleh sebab itu jika penggunaan robot di industri meningkat maka akan meningkatkan jumlah tenaga kerja di industri. Kemungkinan kedua terjadi melalui kemungkinan negatif dimana jika penggunaan robot di industri manufaktur meningkat maka jumlah tenaga kerja di industri manufaktur akan menurun karena semua tugas berbasis rutin dan berulang, baik di bidang manufaktur dan profesi berorientasi layanan, akan terancam (Lima, 2017). Robot berperan dalam proses mencapai tujuan dengan lebih praktis dan juga lebih cepat dibandingkan dengan bekerja tanpa menggunakan robot. Departemen Asia (IMF 2018) menjelaskan bahwa otomatisasi oleh robot akan menghilangkan sangat sedikit sebagian pekerjaan dalam beberapa dekade mendatang, dan kemungkinan akan berdampak pada sebagian dari hampir semua pekerjaan sampai tingkat tertentu tergantung pada jenis pekerjaan dan tugas yang terlibat.

Meskipun beberapa robot di industri umumnya memiliki harga yang mahal dengan akurasi dan produktivitasnya yang dimiliki robot, namun sebagian orang menganggap bahwa tenaga kerja lebih murah sehingga menimbulkan kekhawatiran akan ketidakpastian kebutuhan tingkat tenaga kerja. Kekhawatiran berasal dari perubahan dalam masyarakat yang jauh lebih lambat daripada perubahan teknologi dan bahwa manusia tidak dapat bersaing dengan robot dalam hal kecepatan penyimpanan

data, kapasitas, dan pengambilan data (Rojko dan Jelovac, 2018). Kemudian hubungan antara tenaga kerja dengan *robotisasi* terjadi melalui hubungan positif. Menurut teori klasik Adam Smith alokasi sumber daya manusia yang efektif adalah pemulaan untuk pertumbuhan ekonomi. Ketika jumlah tenaga kerja di industri manufaktur meningkat maka jumlah robot di industri manufaktur akan meningkat karena jika bertambahnya jumlah tenaga kerja tapi tidak diimbangi dengan penambahan jumlah robot di industri maka sumber daya manusia yang dimiliki tidak mencapai titik efisiensi sebagaimana dikatakan oleh teori Adam Smith dan akan berdampak pada ketidaksetaraan antara jumlah tenaga kerja dengan robot yang digunakan.

Wilson (2017) berpendapat bahwa dalam perspektif yang lebih panjang, evolusi teknis, termasuk robot, akan melayani kita semua. Hendler (2017) mengklaim "Manusia yang bekerja bersama dengan robot dapat melakukan lebih baik daripada dilakukan oleh salah satu dari mereka sendiri. Keseimbangan antara peningkatan jumlah tenaga kerja harus diikuti dengan penambahan jumlah robot yang digunakan pada industri manufaktur. Hal ini sejalan dengan penelitian Bosseman (2016) yang menjelaskan bahwa terdapat masalah utama dalam otomasi yaitu permasalahan ketidaksetaraan, kemanusiaan, dan robot.

Terdapat dua kemungkinan hubungan kausalitas antara robotisasi dengan produktivitas tenaga kerja yaitu melalui kemungkinan positif dan negatif. Kemungkinan positif robotisasi dapat meningkatkan produktivitas tenaga kerja di industri manufaktur karena penggunaan robot akan membuat jam kerja manusia untuk menghasilkan output tertentu menjadi lebih sedikit. Robot di industri dapat meningkatkan produktivitas tenaga kerja terutama dari segi kreatifitas. Pabrik-pabrik masa depan meningkatkan level robotisasi dan menghubungkan pengetahuan dan kreativitas, yang memungkinkan peningkatan nilai tambah per karyawan, dan peluang pasar baru (World Economic Forum, 2018a). Densifikasi robot meningkatkan pertumbuhan tahunan PDB dan produktivitas tenaga kerja pada 2007 masing-masing sekitar 0,37 dan 0,36 poin persentase di seluruh dunia (Pusat Kinerja Ekonomi di London *School of Economics*, Georg Graetz dan GuyMichaels, 2015). Otomatisasi dapat mengarah pada restrukturisasi isi tugas dari pekerjaan yang berbeda "di dalam pekerja" untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja tetapi tanpa perubahan dalam struktur keterampilan pekerjaan (Aghion et al., 2020). Kemungkinan kedua terjadi melalui kemungkinan negatif robot dapat menurunkan tingkat produktivitas tenaga kerja di industri manufaktur.

Sesuai dengan tujuan awal industri 4.0 untuk efisiensi waktu, tenaga kerja, dan biaya. Pekerjaan akan selesai dengan lebih cepat dan output yang dihasilkan lebih

banyak oleh adanya bantuan dari robot, hal ini sejalan dengan penelitian Josefsson dalam Lindeberg (2018) yang menyatakan “Robot sekarang ada di mana-mana, kecuali dalam segi statistik produktivitas”. Semakin tinggi penggunaan robot di industri menyebabkan produktivitas tenaga kerja menurun, karena pekerjaan yang dikerjakan oleh manusia telah digantikan oleh robot. Hubungan yang terjadi antara produktivitas tenaga kerja dengan robotisasi terjadi melalui hubungan positif. Tingkat produktivitas tenaga kerja yang tinggi dapat meningkatkan jumlah robot yang digunakan karena produktivitas yang tinggi memiliki pengetahuan dan kreatifitas untuk terus ber inovasi menciptakan hal baru termasuk inovasi dalam teknologi sehingga produk yang di dapatkan menjadi lebih baik. Produktivitas tenaga kerja dapat diukur dari total output dibagi total pekerja atau total jam kerja, sedangkan otomatisasi ditujukan untuk efisiensi waktu dan biaya. Proses produksi yang dilakukan oleh robot akan memangkas total jam kerja sehingga produktivitas tenaga kerja yang dibantu dengan robot dapat menghasilkan output yang lebih banyak dengan asumsi waktu jam kerja yang sama.

Penelitian Paul Romer menjelaskan tiga elemen dasar dalam pertumbuhan endogen yaitu perubahan teknologi yang bersifat endogen melalui sebuah proses akumulasi ilmu pengetahuan, ide-ide baru oleh perusahaan sebagai akibat dari mekanisme limpahan pengetahuan. Jika produktivitas tenaga kerja tinggi dalam hal pembuatan robot, hal ini memerlukan pengetahuan yang luas, ide dan kreativitas yang tinggi pula sehingga akan memengaruhi pada tingkat jumlah perakitan robot yang nantinya menjadi input untuk pertumbuhan ekonomi (praktik dari perubahan teknologi yang bersifat endogen).

Hubungan antara robotisasi dengan output terjadi melalui kemungkinan positif robotisasi dapat meningkatkan output di industri manufaktur karena penerapan teknologi dalam produksi di sektor manufaktur dapat digunakan untuk memperbaiki dan meningkatkan efisiensi proses dengan tujuan menghasilkan produk yang berkualitas (Umar, 2003). Menurut teori Sollow Swan  $Y = F(K, AL)$ .  $Y$  yang merupakan variable output salah satunya dipengaruhi oleh variable  $A$  yaitu teknologi, tren robotisasi akan mendorong pertumbuhan output industri manufaktur karena fungsi robot sendiri untuk repetisi pekerjaan yang sudah ditetapkan fungsinya pada awal proses pembuatan yang dapat membantu tenaga kerja menghasilkan output yang lebih banyak.

Terdapat arah hubungan positif antara output dengan robotisasi. Pencapaian output yang terus bertambah akan menambah penggunaan robot di industri manufaktur karena tiap teknologi termasuk robot mempunyai umur pakai untuk digunakan sebagai alat produksi. Ketika suatu teknologi digunakan telah melewati umur pakai, seiring dengan terus berkembangnya jaman, maka performa dari teknologi tersebut akan

menurun dan tidak dapat mencapai produk yang berkualitas baik dan efisiensi waktu dalam pengerjaan produk menurun. Pada dasarnya tiap konsumen dari perusahaan manufaktur memiliki tingkat kepuasan dari segi produk dengan kualitas yang baik dan tepat waktu. rencana bisnis tidak hanya menganalisis layak atau tidak suatu bisnis dibangun, melainkan juga pada saat dioperasikan secara rutin dalam jangka pencapaian keuntungan yang maksimal dengan waktu yang tidak di tentukan (Umar 2005, Afandi 2009).

Kenaikan hasil output merupakan hasil dari produktivitas manufaktur yang tinggi yang kemudian berdampak pada mengurangnya biaya produksi dan harga output, namun pada gilirannya hal tersebut akan meningkatkan jumlah output yang diminta oleh konsumen dengan asumsi waktu yang digunakan adalah sama dengan sebelum adanya peningkatan permintaan output. Menurut teori produksi *marginal product* merupakan teori yang menjelaskan keterkaitan antara input dan output dimana penambahan jumlah output untuk produksi merupakan hasil dari tambahan satu jenis input pada faktor produksi. Pada konteks kapital, penambahan jumlah output yang dihasilkan akibat dari adanya penambahan jumlah penggunaan robot dikenal sebagai *marginal product of capital* (MPK). Perubahan tingkat output pada industri manufaktur akan berdampak pada perubahan permintaan robot pada industri tersebut. Dengan adanya peningkatan permintaan hasil produksi dalam waktu yang sama maka akan meningkatkan jumlah robot yang digunakan.

